

# Efecto del tamaño de partícula en la cinética de filtración en la dolomita

## EFFECT OF PARTICLE SIZE ON THE DOLOMITE FILTRATION KINETICS

Dante Escajadillo O\*, Julio Pajar H\*, Katty Solís M\*, Wilder Vargas\*, Brayan Ticona A\*, Enrique Fonseca B\*, Hoover Chilcse A\*, José Yparraguirre C.\* y Daniel Lovera D.\*\*

RECIBIDO: 07/01/2012 – APROBADO: 08/02/2013

### RESUMEN

La filtración es una operación unitaria importante para el procesamiento mineral en las plantas concentradoras y de gran importancia estudiar su fenomenología y el comportamiento de las variables y parámetros involucrados.

Las pruebas de filtración se realizaron con dolomita pulverizada a diferentes monotamaños y distribución natural de tamaño. Se determinaron la velocidad de filtración en función del tiempo, y se calculó la tasa de filtración  $T/V_f$  vs.  $V_f$ , de donde se obtuvo la pendiente y el intercepto en las ordenadas para luego calcular el modelo cinético de la filtración para cada uno de los monotamaños así como en la distribución natural.

**Palabras clave:** filtración, dolomita, cinética

### ABSTRACT

Filtration is an important unit operation which is used in concentrating plants for mineral processing. It is of great importance to study both the filtration phenomenology and the variables and parameters behaviour.

Filtration tests were performed using pulverized dolomite at various monosizes and natural size distribution. Filtration velocity as a function of time was determined and the rate of filtration  $T/V_f$  vs.  $V_f$  was calculated. The slope and ordinate intercept were obtained and the filtration kinetic model was developed for each of the monosizes and natural distribution

**Keywords:** filtration, dolomite, kinetics

\* Estudiantes de Posgrado, Mención en Ingeniería Metalúrgica, FIGMMG, UMSM. E-mails: danteescajadillo@yahoo.es, jpajar@hotmail.com, kattysm\_iq@yahoo.com, wvargasmori@gmail.com, ticona.b@gmail.com

\*\* Docente de la EAP Ingeniería Metalúrgica, UNMSM. E-mail: dloverad@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

Se denomina filtración al proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el paso del líquido (Figura N.º 1).

Las aplicaciones de los procesos de filtración son muy extensas, encontrándose en muchos ámbitos de la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general, donde son particularmente importantes aquellos procesos industriales que requieren de las técnicas químicas.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

La filtración se ha desarrollado tradicionalmente desde un estudio de arte práctico, recibiendo una mayor atención teórica desde el siglo XX. La clasificación de los procesos de filtración y los equipos es diversa y en general, las categorías de clasificación no se excluyen unas de otras (Figuras N.º 2 y 3).

La variedad de dispositivos de filtración o filtros es tan extensa como las variedades de materiales porosos disponibles como medios filtrantes y las condiciones particulares de cada aplicación: desde sencillos dispositivos, como los filtros domésticos de café o los embudos de filtración para separaciones de laboratorio, hasta grandes sistemas complejos de elevada automatización como los empleados en las industrias petroquímicas y de refino para la recuperación de catalizadores de alto valor, o los sistemas de tratamiento de agua potable destinada al suministro urbano. (Pierre, 1983 y Vien-Ocon, 1967).

Los efectos prácticos dependen de las variables de filtración las cuales son:

- Presión
- Viscosidad
- Temperatura
- Tamaño de partículas y concentración
- Medio filtrante

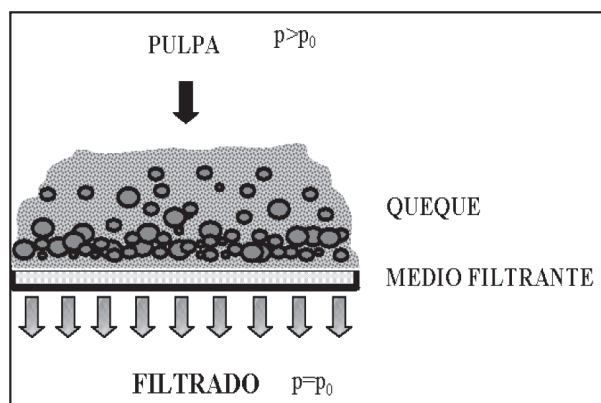


Figura N.º 1. Esquema de filtración (Concha, 2008)

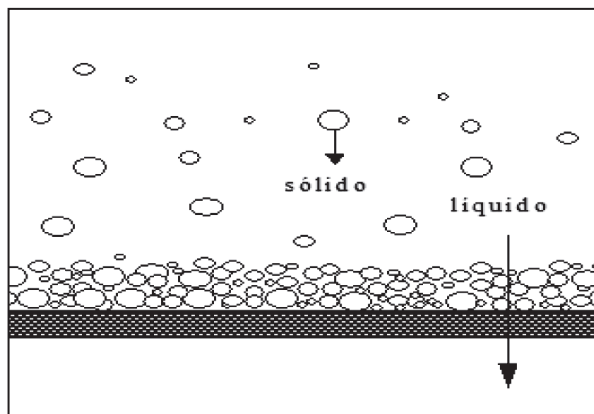


Figura N.º 2. Filtro horizontal (Concha, 2008).

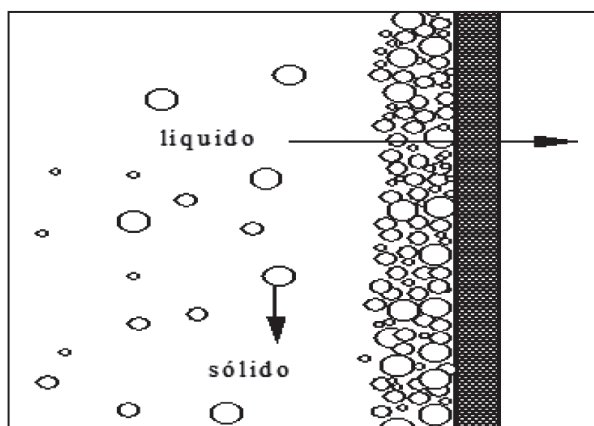


Figura N.º 3. Filtro vertical (Concha, 2008).

### 2.1. Variables de operación de filtración

En la Figura N.º 4 se muestra las variables de entrada, salida (variable de operación), y las variables de control y los parámetros obtenidos en el proceso de filtración.

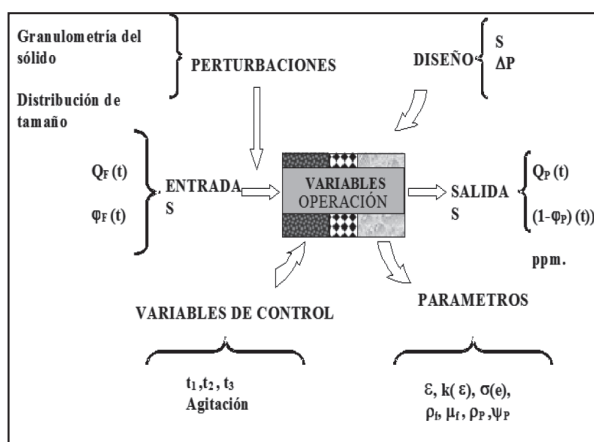


Figura N.º 4. Variables de operación de filtración (Concha, 2008).

## 2.2. Modelo cinético de filtración (Lovera, D., 2005)

$$T/V_f = A + B (V_f)$$

$$O = -T + A (V_f) + B (V_f)^2$$

Donde:

$T/V_f$  = Tasa de filtración (segundos/mililitro)

$V_f$  = Volumen filtrado (mililitros)

$T$  = Tiempo de filtración (segundos)

En las Figuras N.º 5, 6, y 7 nos muestran las relaciones variables de los parámetros del modelo cinético de filtración y los símbolos usados (Tabla N.º 1).

Tabla N.º 1. Símbolos

Intercepto	a
Pendiente	b
dif presión	$\Delta p(\text{dina/cm}^2)$
Area filtro	$S(\text{cm}^2)=$
viscocidad	$\mu(\text{poise})=$
solido liquido	$\phi_0=$
coef. permea	$\tau=$
Resistencia	$R_m(\text{cm}^{-1})=$

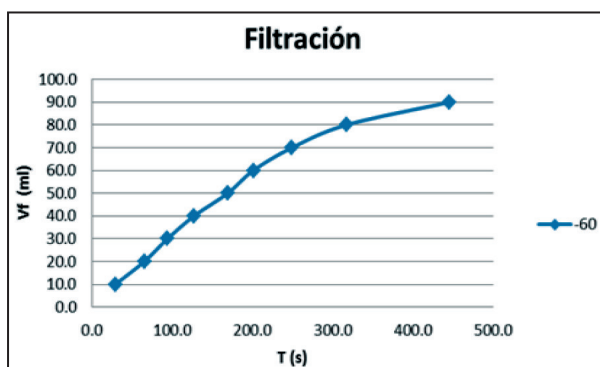


Figura N.º 5. Volumen filtrado vs. tiempo.

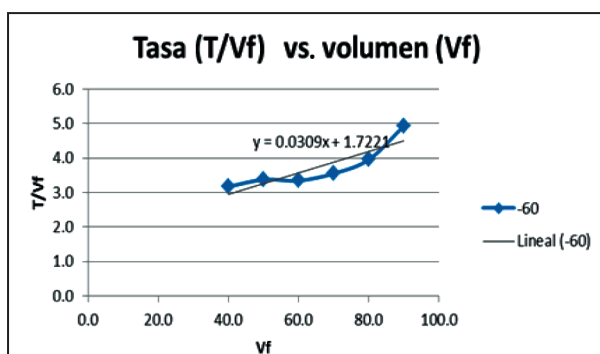


Figura N.º 6. Pendiente e intercepto.

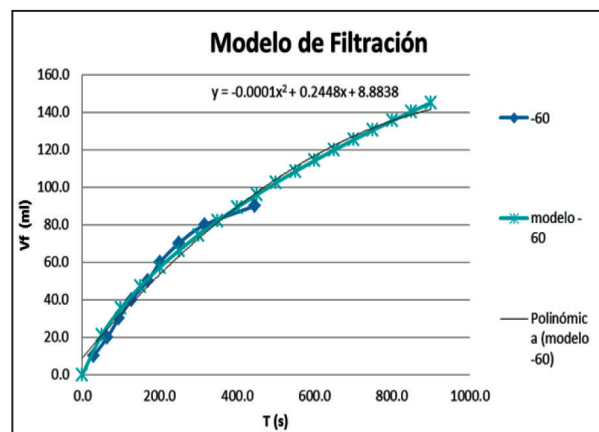


Figura N.º 7. Modelo cinético teórico de filtración.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Materiales

- Probeta graduada (Figura N.º 8)
- Papel filtro
- Embudos
- Cronómetro
- Tamices



Figura N.º 8. Módulo de pruebas de filtración en laboratorio.

### 3.2. Métodos

En la experimentación se midió el efecto del tamaño de partículas sobre la velocidad de filtrado, los experimentos fueron corridos en el laboratorio con ayuda de una probeta graduada, un embudo y papeles filtro semicuantitativos. (Concha, F., 2008).

Una solución de dolomita (2.5 gr/100 ml) fue preparada a diferentes granulometrías, luego se realizó la filtración bajo las mismas condiciones y se fue registrando el volumen filtrado de cada prueba, para obtener así la curva cinética de filtración en función al tamaño de partícula. (Lovera, D., 2012)

Tabla N.º 2. Datos experimentales de filtración de la dolomita para diversas granulometrías

-60			-140			-200			-325		
Tiempo	Volumen	Tasa	Tiempo	Volumen	Tasa	Tiempo	Volumen	Tasa	Tiempo	Volumen	Tasa
Seg	ml	T/V <sub>f</sub>	seg	ml	T/V <sub>f</sub>	Seg	ml	T/V <sub>f</sub>	seg	ml	T/V <sub>f</sub>
29.0	10.0	2.9	33.0	10.0	3.3	44.0	10.0	4.4	55.0	10.0	5.5
65.0	20.0	3.3	73.0	20.0	3.7	90.0	20.0	4.5	107.0	20.0	5.4
94.0	30.0	3.1	131.0	30.0	4.4	142.0	30.0	4.7	153.0	30.0	5.1
127.0	40.0	3.2	173.0	40.0	4.3	192.0	40.0	4.8	211.0	40.0	5.3
169.0	50.0	3.4	217.0	50.0	4.3	250.0	50.0	5.0	283.0	50.0	5.7
201.0	60.0	3.4	294.0	60.0	4.9	327.0	60.0	5.5	360.0	60.0	6.0
249.0	70.0	3.6	346.0	70.0	4.9	390.0	70.0	5.6	435.0	70.0	6.2
317.0	80.0	4.0	382.0	80.0	4.8	482.0	80.0	6.0	583.0	80.0	7.3
445.0	90.0	4.9	536.0	90.0	6.0	687.0	90.0	7.6	839.0	90.0	9.3

Se realizaron cuatro pruebas con dolomita:

Primera muestra: -malla 140

Segunda muestra: -malla 200

Tercera muestra: -malla 325

Cuarta muestra: muestra natural (mixta -60)

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Efecto del tamaño de grano en la filtración

A partir de los resultados anteriores se puede deducir la variabilidad de la cinética de separación en función a la granulometría del material. Se observa que mientras más fino es el tamaño de grano de la dolomita más lenta es la velocidad de filtrado (Figuras N.º 9 y 10).

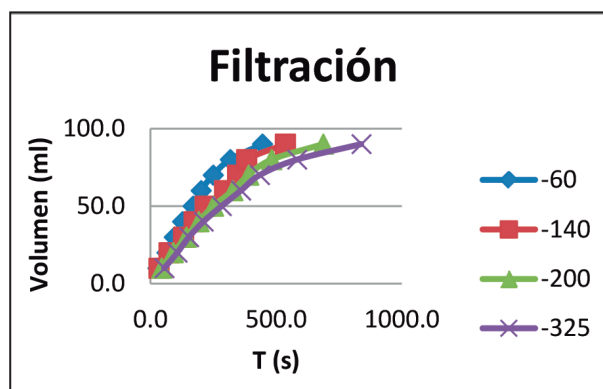


Figura N.º 9. Curvas del modelo de filtración.

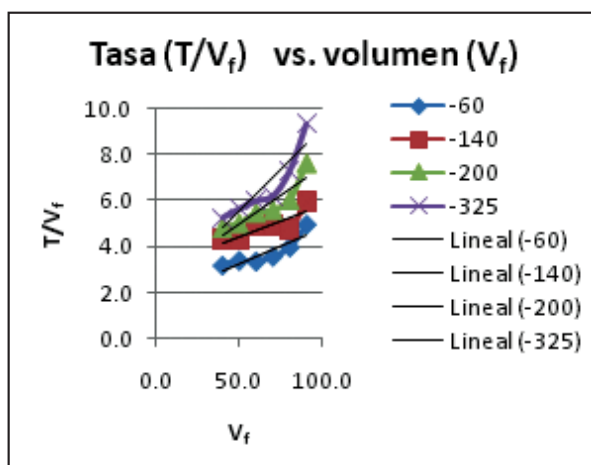
Figura N.º 10. Curvas tasa ( $T/V_f$ ) vs. ( $V_f$ ).

Tabla N.º 3. Parámetros de filtración

	Malla -60	Malla -140	Malla -200	Malla -325
A	1.7221	3.1087	2.5221	1.9218
B	0.0309	0.0271	0.0496	0.0724
$\Delta p(\text{dina/cm}^2)=$	700000	700000	700000	700000
$S(\text{cm}^2)=$	61.35	61.35	61.35	61.35
$\mu(\text{poise})=$	0.01	0.01	0.01	0.01
$\phi_0=$	0.011904762	0.011363636	0.010869565	0.010416667
$\epsilon=$	0.3	0.3	0.3	0.3
$R_m(\text{cm}^{-1})=$	7395558450	13350312150	10831158450	8253170100
$R_m(\text{m}^{-1})=$	7.39556E+11	1.33503E+12	1.08312E+12	8.25317E+11
$k\epsilon(\text{cm}^2)=$	1.06257E-12	1.15558E-12	6.03493E-13	3.95955E-13
$k\epsilon(\text{m}^2)=$	1.06257E-17	1.15558E-17	6.03493E-18	3.95955E-18

#### 4.2. Efecto de los parámetros a y b con el tamaño de partícula

De los datos experimentales, para las diversas granulometrías y los parámetros de diltración, procesados en las Tablas N.º 2 y 3 se obtiene la Tabla N.º 4, donde se muestra la variación de los parámetros A y B con el diámetro de partícula de la dolomita.

La Figura N.º 11 nos muestra el incremento del parámetro A y la Figura N.º 12 la caída del parámetro B con el diámetro de partícula.

Esto nos permite inferir la variación de la cinética con la variación del monotamaño de la dolomita en el proceso de filtración.

Tabla N.º 4. Parámetros de filtración A y B con la abertura de los tamices

Abertura (mm)	A	B
0.250	1.7221	0.0309
0.105	3.1087	0.0271
0.074	2.5221	0.0496
0.044	1.9218	0.0724

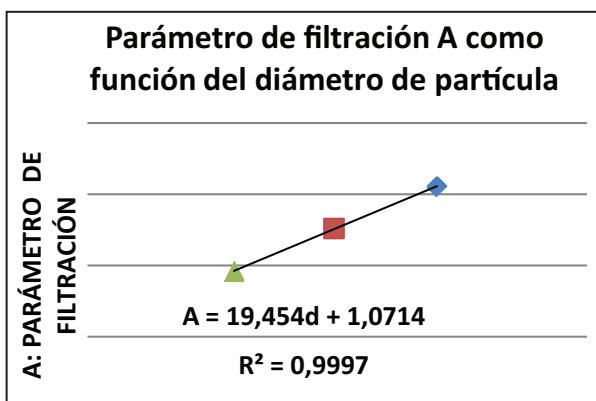


Figura N.º 11. Variación del parámetro A con el tamaño de la partícula.

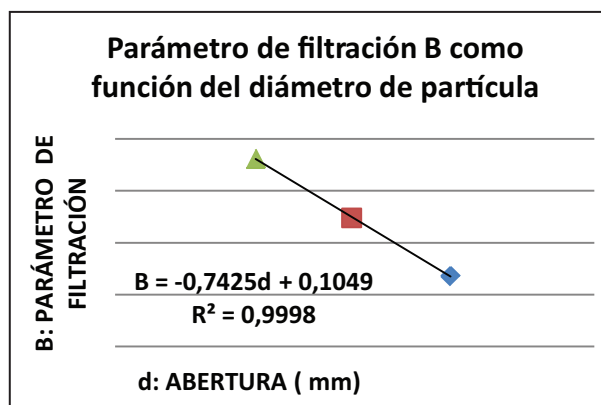


Figura N.º 12. Variación del parámetro B con el tamaño de la partícula.

#### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La cinética de filtración aumenta con el tamaño de grano para los monotamaños de la dolomita.
- La cinética aumenta cuando las partículas tienen diferentes tamaños (distribución granulométrica). (Ver Figura N.º 13).

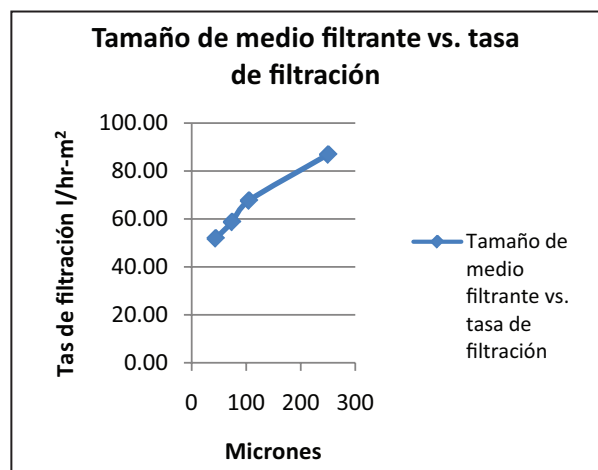


Figura N.º 13. Tasa de filtración vs. monotamaño de dolomita.

- Los parámetros A y B varían con los monotamaños de la dolomita. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda lo siguiente:
  - Realizar más pruebas de filtración a diferentes monotamaños para validar su efecto sobre la cinética de filtrado.
  - Mantener una dosificación constante de solución sobre el lecho filtrante, de modo que la diferencia de presiones sea constante.

#### VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) por el apoyo otorgado en la prestación de infraestructura y reactivos del Laboratorio químico-metalúrgico y al MSC. Ing. Daniel Lovera por la orientación en el desarrollo de la presente investigación, la cual se realizó durante el curso de Fenómenos de Transportes dentro de la Maestría de Metalurgia Extractiva, semestre 2012-2.

#### VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Perry (1993). Manual del Ingeniero Químico. 6.ª ed. Tomo IV y V. McGraw-Hill.
2. Vian-Ocón (1967). Elementos de Ingeniería Química. 5.ª ed. Aguilar.
3. Lovera, D. (2012). Manual de Laboratorio de Maestría en Metalurgia extractiva. UNMSM
4. Concha F. (2008). Filtración Proceso y Equipamiento. Universidad de Concepción. Chile.
5. Lovera, D. y col. (2005). Modelización y Simulación de Procesos Metalúrgicos: Flotación, Filtración, Lixiviación y Espesamiento, [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual-data/publicaciones/geologia/Vol8\\_N15/a04.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual-data/publicaciones/geologia/Vol8_N15/a04.pdf)